

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-022415

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl.

G01B 11/02
G01B 11/00
G01N 21/956
G02F 1/13
H01L 21/60
H01L 21/66

(21)Application number : 2001-128287

(71)Applicant : HITACHI ELECTRONICS ENG CO LTD

(22)Date of filing : 25.04.2001

(72)Inventor : MATSUNAGA RYOJI
TAKAHASHI TSUTOMU
ISHIMORI HIDEO
TABATA TAKAHITO

(30)Priority

Priority number : 2000131966 Priority date : 01.05.2000 Priority country : JP

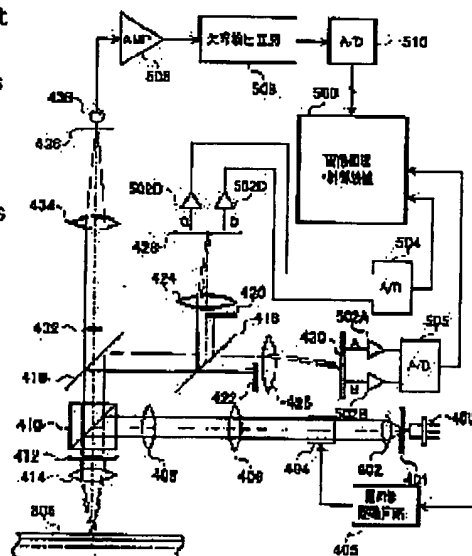
(54) FINE PROTRUSION INSPECTING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inspect the height of a fine protrusion at a high accuracy and a high speed.

SOLUTION: Projection optical system means radiates a light beam so as to locate the surface of a sample under test at a focused position and deflects a beam spot formed on the sample surface to linearly reciprocally scan over an inspecting region at a specified period.

Detecting optical system means generates two semi-circular light beams with mutually different regions shielded from light beams reflected from the sample surface, and they are received separately by a first and second optical sensor means to obtain height information from detected signals thereof. Thus the height information are obtained, based on the detected signals from the two systems of optical sensor means, hence the detection accuracy is improved and, if a thermal variation of each optical element constituting the projection optical system means or a deflection error in the deflection causes a spot scan deviation (Δt), a high accuracy measurement can be made, without being influenced thereby.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

BEST AVAILABLE COPY

Searching PAJ

2/2 ページ

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-22415

(P2002-22415A)

(43) 公開日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(51) IntCl. ¹	識別記号	F I	テークコード (参考)
G 0 1 B 11/02		G 0 1 B 11/02	Z 2 F 0 6 5
11/00		11/00	A 2 G 0 5 1
			D 2 H 0 8 8
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	B 4 M 1 0 6
G 0 2 F 1/13	1 0 1	G 0 2 F 1/13	1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数13 OL (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-128287 (P2001-128287)

(22) 出願日 平成13年4月25日 (2001.4.25)

(31) 優先権主張番号 特願2000-131968 (P2000-131968)

(32) 優先日 平成12年5月1日 (2000.5.1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000233480

日立電子エンジニアリング株式会社

東京都渋谷区東3丁目16番3号

(72) 発明者 松永 良治

東京都渋谷区東3丁目16番3号 日立電子
エンジニアリング株式会社内

(72) 発明者 高橋 勉

東京都渋谷区東3丁目16番3号 日立電子
エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100114166

弁理士 高橋 浩三

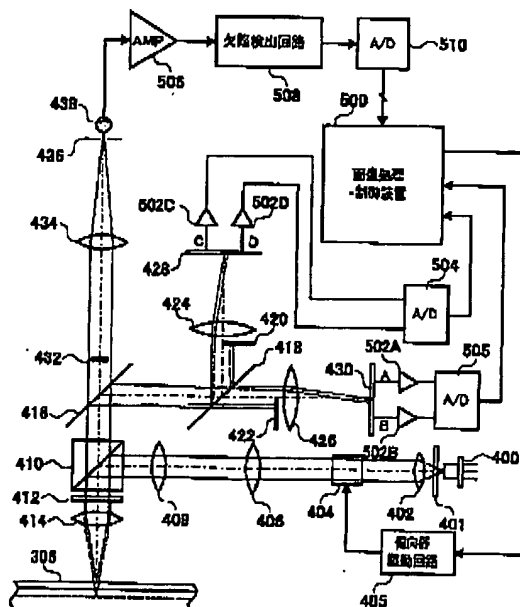
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小突起物検査装置

(57) 【要約】

【目的】 高精度で、かつ高速に微小突起物の高さ検査を行えるようにする。

【構成】 投光光学系手段は、光ビームを被検査試料の表面が合焦点位置となるように照射し、被検査試料表面に形成されるビームスポットが検査領域を所定の周期で直線的に往復走査するように偏向する。検出光学系手段は、被検査試料表面から反射する光ビームから互いに異なる領域が遮蔽された2本の半円状の光ビームを生成し、これを第1及び第2の光学センサ手段で別々に受光し、その検出信号に基づいて高さ情報を求める。このように2系統の光学センサ手段からの検出信号に基づいて高さ情報を求めている関係上、検出精度が向上し、投光光学系手段を構成する各光学素子の熱変動や偏向器時の偏向誤差によって、スポット走査ズレ (Δt) が発生したとしても、その影響を受けることなく高精度な高さ測定を行うことができる。



(2)

特開2002-22415

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを被検査試料の表面が合焦点位置となるように照射すると共に前記被検査試料上の所定の検査領域を所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させる投光光学系手段と、

前記往復走査する光ビームの光軸が描く直線を直径とする半円状の光ビームであって、互いに異なる領域が遮蔽された2本の光ビームを、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームから生成して結像する検出光学系手段と、

前記検出光学系手段で生成された前記2本の光ビームの一方に対応して設けられ、前記半円状の光ビームの直径が境界となるように少なくとも2分割された受光領域を有し、それぞれの受光領域に対応した検出信号を出力する第1の光学センサ手段と、

前記検出光学系手段で生成された前記2本の光ビームの他方に対応して設けられ、前記半円状の光ビームの直径が境界となるように少なくとも2分割された受光領域を有し、それぞれの受光領域に対応した検出信号を出力する第2の光学センサ手段と、

前記被検査試料を搭載するステージ手段と、

前記ステージ手段と、前記投光光学系手段及び前記検出光学系手段とを相対的に移動させる駆動手段と、

前記駆動手段を制御すると共に前記光学センサ手段から出力される前記検出信号に基づいて前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報を算出する制御手段とを備えたことを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項2】 請求項1において、前記検出光学系手段は、

前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの一部を反射し、残りを透過することによって前記2本の光ビームを生成するハーフミラー手段と、

前記ハーフミラー手段によって生成された一方の光ビームの片側を遮蔽することによって前記半円状の光ビームを生成する第1の遮蔽板手段と、

前記ハーフミラー手段によって生成された他方の光ビームの片側を遮蔽することによって前記第1の遮蔽板手段によって遮蔽された領域と異なる領域の遮蔽された前記半円状の光ビームを生成する第2の遮蔽板手段と、

前記第1の遮蔽板手段によって生成された前記半円状の光ビームを結像する第1の結像レンズ手段と、

前記第2の遮蔽板手段によって生成された前記半円状の光ビームを結像する第2の結像レンズ手段とを含んで構成されることを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項3】 請求項1において、前記検出光学系手段は、

前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの光軸が描く直線と先端部の頂辺とが一致するように設けられ、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームをそれぞれの斜面で反射して互いに異なる領域が遮蔽され

2

た前記2本の半円状の光ビームを生成するナイフエッジプリズム手段と、

前記ナイフエッジプリズム手段で反射した前記半円状の光ビームの一方を結像する第1の結像レンズ手段と、

前記ナイフエッジプリズム手段で反射した前記半円状の光ビームの他方を結像する第2の結像レンズ手段とを含んで構成されることを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項4】 請求項1において、

前記光ビームを前記所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させるものとして音響光学偏向器を用いることを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項5】 請求項1において、

前記光ビームを前記所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させるものとしてポリゴンミラーを用いることを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項6】 請求項1において、

前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの0次光成分をカットし、0次光成分以外の高次の反射散乱光などを受光する受光素子手段を設けたことを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項7】 請求項1において、

前記制御手段は、前記光学センサ手段から出力される前記検出信号の総和を前記被検査試料の表面からの反射光輝度信号とし、この反射光輝度信号の値と所定値とを比較することによって前記被検査試料に形成された微小突起物の位置情報を求め、その位置情報に基づいてステージ手段を制御するようにしたことを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項8】 請求項1において、前記制御手段は、

前記第1の光学センサ手段の前記2分割された受光領域から出力される前記検出信号であって、前記光ビームの遮蔽されなかった領域側に対応する受光領域から出力されるものを第1の検出信号とし、前記光ビームの遮蔽された領域側に対応する受光領域から出力されるものを第2の検出信号とし、

前記第2の光学センサ手段の前記2分割された受光領域から出力される前記検出信号であって、前記光ビームの遮蔽されなかった領域側に対応する受光領域から出力されるものを第3の検出信号とし、前記光ビームの遮蔽された領域側に対応する受光領域から出力されるものを第4の検出信号とした場合に、

前記第1の検出信号から前記第2の検出信号を減算した値と前記第3の検出信号から前記第4の検出信号を減算した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した第1の値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出することを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項9】 請求項8において、前記制御手段は、

前記第1の検出信号から前記第3の検出信号を減算した値と前記第2の検出信号から前記第4の検出信号を減算

50

(3)

特開2002-22415

3

4

した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した値を前記第1の値から減算することによって得られた値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出することを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項10】 請求項8において、

前記制御手段は、前記第1の検出信号から前記第3の検出信号を減算した値と前記第2の検出信号から前記第4の検出信号を減算した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した値が所定値よりも大きい場合に、前記第1の値をマスクすることによって得られた値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出することを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項11】 請求項1から10までのいずれか1において、

前記制御手段は、算出された前記高さ情報に基づいて前記被検査試料に形成された微小突起物の欠陥検査を行うことを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項12】 請求項8において、

前記制御手段は、前記受光素子手段から出力される検出信号の値と所定値とを比較することによって前記被検査試料に形成された微小突起物の位置情報を求めるようにしたことを特徴とする微小突起物検査装置。

【請求項13】 請求項7において、

前記制御手段は、前記微小突起物が球状をしている場合に、前記光学センサ手段から出力される前記反射光輝度信号の値と所定値とを比較することによって前記球状の微小突起物の中心位置情報及び大きさ情報の少なくとも一方を求めるようにしたことを特徴とする微小突起物検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ボールグリッドアレイ(BGA)、ウェハバンプ、ICバンプ、液晶表示装置(LCD)の基板やフィルタに使用されるスペーサなどのような微小突起物の高さを測定したり、その欠陥を検出したりする微小突起物検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ICパッケージなどの配線を接続するために設けられるボールやバンプなどの外観に欠陥が存在するかどうかの検査を光学的に行う検査装置として、図1(a)に示すようなものがある。図1(a)の検査装置は、半導体レーザ11から出射したレーザ光12をハーフミラー13及び対物レンズ14を介してその被検査試料15の表面が合焦点位置(0位置)となるように被検査試料15に照射する。被検査試料15の表面にボールやバンプなどの凸部(突起)が存在する場合には、その大きさに応じたプラス位置(+)でレーザ光12は反射する。逆に、被検査試料15の表面に凹部(窪み)が存在する場合には、その大きさに応じたマイナス位置

(-)でレーザ光12は反射する。

【0003】それぞれ高さの異なる面から反射した光は、対物レンズ14、ハーフミラー13及びピンホール16を介してホトセンサ17に入射する。このとき、ピンホール16と被検査試料15の表面位置(0位置)とは共役関係にある。合焦点位置(0位置)で反射した光は、ピンホール16を全て通過してホトセンサ17に入射し、それ以外のプラス位置(+)やマイナス位置

(-)で反射した光は、その一部がピンホール16を通過してホトセンサ17に入射する。ホトセンサ17には、ピンホール16を通過した光だけが入射するので、ホトセンサ17で検出された電気的信号の大きさに基づいて被検査試料15の表面の高さを測定することができる。すなわち、レーザ光12が合焦点位置(0位置)で反射した場合には、図1(b)に示すようにホトセンサ17の出力は最大を示し、それ以外のプラス位置(+)やマイナス位置(-)で反射した場合には、それよりも小さな出力を示す。従って、このホトセンサ17の出力値の大きさに基づいて被検査試料15の表面の高さを測定することができる。そして、検査装置は、このようにして測定された高さ情報に基づいて、ボールやバンプなどに欠陥が存在するかどうかの検査を行う。

【0004】ところが、図1に示した検査装置は、レーザ光が合焦点位置(0位置)からどれ位の位置で反射したのか、その高さを測定することはできるが、それがプラス位置(+)におけるものなのか、マイナス位置(-)におけるものなのかを認識することができなかった。図2は、レーザ光が被検査試料のプラス位置(+)又はマイナス位置(-)のどちら側で反射したのか検出することのできる検査装置の従来技術を示す図である。

図2(a)の検査装置は、半導体レーザ21から出射したレーザ光をコリメートレンズ23、ハーフミラー24及び対物レンズ25を介してその被検査試料26の表面が合焦点位置(0位置)となるように被検査試料26に照射する。被検査試料26の表面にボールやバンプなどの凸部(突起)が存在する場合には、その大きさに応じたプラス位置(+)でレーザ光は反射する。逆に、被検査試料26の表面に凹部(窪み)が存在する場合には、その大きさに応じたマイナス位置(-)でレーザ光は反射する。

【0005】それぞれ高さの異なる面から反射した光は、対物レンズ25、ハーフミラー24、結像レンズ27、ハーフミラー28及びピンホール29、2Aを介してホトセンサ2B、2Cに入射する。このとき、位置2D、2Eがそれぞれ被検査試料15の表面位置(0位置)とは共役関係になるように、ピンホール29、2A及びホトセンサ2B、2Cは配置される。プラス位置(+)で反射した光は、ピンホール2Aを全て通過してホトセンサ2Cに入射し、それ以外の合焦点位置(0位置)やマイナス位置(-)で反射した光は、その一部が

5

ピンホール2Aを通過し、ホトセンサ2Cに入射する。一方、マイナス位置(−)で反射した光は、ピンホール29を全て通過してホトセンサ2Bに入射し、それ以外の合焦点位置(0位置)やプラス位置(+)で反射した光は、その一部がピンホール29を通過し、ホトセンサ2Bに入射する。

【0006】ホトセンサ2Bは、ピンホール29を通過した光を受光し、センサ出力Paを出力する。ホトセンサ2Cは、ピンホール2Aを通過した光を受光し、センサ出力Pbを出力する。ホトセンサ2Cのセンサ出力Pbからホトセンサ2Bのセンサ出力Paを減算することによって、被検査試料26の表面のプラス位置(+)又はマイナス位置(−)における高さ情報εを測定することができる。すなわち、レーザ光22が合焦点位置(0位置)で反射した場合には、図2(b)に示すようにホトセンサ2Bのセンサ出力Paとホトセンサ2Cのセンサ出力Pbはお互いに等しくなり、高さ情報εは「0」になる。レーザ光22がマイナス位置(−)で反射した場合には、ホトセンサ2Bのセンサ出力Paがホトセンサ2Cのセンサ出力Pbよりも十分大きくなるため、高さ情報εはマイナスの値となり、マイナス位置(−)で反射したことが認識できる。一方、レーザ光22がプラス位置(+)で反射した場合には、ホトセンサ2Cのセンサ出力Pbがホトセンサ2Bのセンサ出力Paよりも十分大きくなるため、高さ情報εはプラスの値となり、プラス位置(+)で反射したことが認識できる。この高さ情報εに基づいて、被検査試料26の表面の高さの変位を測定することができる。検査装置は、測定した高さ情報εに基づいて、ボールやバンプなどに欠陥が存在するか否か、または被検査試料26における凹部(窪み)などの状態を検査する。

【0007】このような光学式の検査装置は、レーザ光のビーム径の巾に対応した部分しか検出できないので、ボールやバンプなどの微小突起物の大きさに合わせてビーム径を大きくしたりしているが、ビーム径を大きくするとボールやバンプ周辺部の欠けなどの欠陥を十分に検出することができないという欠点がある。そこで、従来は、レーザ光のビーム径を約3〜4[μm]程度に小さくしてチップあるいはそのチップが形成されたウエハ上をXY方向に二次元的に走査していた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前述のようなビーム径が約3〜4[μm]の検査装置を用いて、大きさが約300〜400[μm]程度のボールやバンプを検査する場合、レーザ光を主走査方向(X方向)に約300〜400[μm]の距離を往復移動させ、副走査方向(Y方向)にビーム径相当の約3〜4[μm]の距離を徐々に移動させるように、チップあるいはそのチップが形成されたウエハとレーザ光とを相対的に移動させなければならない。レーザ光を主走査方向にいかにか高精

(4)

特開2002-22415

6

度かつ高速に移動させるかが、検査時間の大幅な短縮化に繋がるのであるが、チップあるいはそのチップが形成されたウエハを搭載したXYステージを前述のような条件で高速に移動させることは技術的な限界があり、検査に多大の時間を要するという問題があった。

【0009】本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、高精度で、かつ高速に微小突起物の高さ検査を行うことができる微小突起物検査装置を提供することを目的とする。

10 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載された微小突起物検査装置は、光ビームを被検査試料の表面が合焦点位置となるように照射すると共に前記被検査試料上の所定の検査領域を所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させる投光光学系手段と、前記往復走査する光ビームの光軸が描く直線を直径とする半円状の光ビームであって、互いに異なる領域が遮蔽された2本の光ビームを、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームから生成して結像する検出光学系手段と、前記検出光学系手段で生成された前記2本の光ビームの一方に対応して設けられ、前記半円状の光ビームの直径が境界となるように少なくとも2分割された受光領域を有し、それぞれの受光領域に対応した検出信号を出力する第1の光学センサ手段と、前記検出光学系手段で生成された前記2本の光ビームの他方に対応して設けられ、前記半円状の光ビームの直径が境界となるように少なくとも2分割された受光領域を有し、それぞれの受光領域に対応した検出信号を出力する第2の光学センサ手段と、前記被検査試料を搭載するステージ手段と、前記ステージ手段と、前記投光光学系手段及び前記検出光学系手段とを相対的に移動させる駆動手段と、前記駆動手段を制御すると共に前記光学センサ手段から出力される前記検出信号に基づいて前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報を算出する制御手段とを備えたものである。

40 【0011】投光光学系手段は、図1や図2の従来を検査装置と同様に、被検査試料の表面が合焦点位置となるように光ビームを照射する。さらに、この投光光学系手段は、光ビームによって被検査試料表面に形成されるビームスポットが検査領域を所定の周期で直線的に往復走査するように光ビームを偏向している。光ビームが偏向されると、従来のようにピンホールを介して光学センサで受光するのは困難となる。そこで、この発明では、焦点誤差検出光学系の検出原理として従来から知られているナイフエッジ法を応用することによって検出光学系手段を構成するようにした。ナイフエッジ法は、被検査試料表面から反射する光ビームの半分をナイフエッジで遮蔽することによって、半円状の光ビームを生成し、その半円状の光ビームをナイフエッジの端面に沿って2分割された受光領域を有する光学センサ手段で受光するものである。単純に被検査試料に形成された微小突起物の高

(5)

特開2002-22415

7

8

さ情報を算出するだけなら、2分割された光学センサ手段を1個用いて被検査試料表面から反射する光ビームをナイフエッジを介して受光すればよい。ところが、投光光学系手段を構成する各光学部品の熱変動あるいは偏向時の偏向誤差によって、ビームスポットの走査ズレ(Δt)が発生すると、その走査ズレによる影響が2分割された光学センサ手段に影響を与え、正確な高さ情報を得ることができなくなる。そこで、この発明では、被検査試料表面から反射する光ビームから互いに異なる領域が遮蔽された2本の半円状の光ビームを生成し、これを第1及び第2の光学センサ手段で別々に受光し、その検出信号に基づいて高さ情報を求めるようにしている。このように2系統の光学センサ手段からの検出信号に基づいて高さ情報を求めている関係上、検出精度が向上するという効果がある。また、投光光学系手段を構成する各光学素子の熱変動や偏向器時の偏向誤差によって、スポット走査ズレ(Δt)が発生したとしても、その影響を受けることなく高精度な高さ測定を行うことができるという効果がある。

【0012】請求項2に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記検出光学系手段を、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの一部を反射し、残りを透過することによって前記2本の光ビームを生成するハーフミラー手段と、前記ハーフミラー手段によって生成された一方の光ビームの片側を遮蔽することによって前記半円状の光ビームを生成する第1の遮蔽板手段と、前記ハーフミラー手段によって生成された他方の光ビームの片側を遮蔽することによって前記第1の遮蔽板手段によって遮蔽された領域と異なる領域の遮蔽された前記半円状の光ビームを生成する第2の遮蔽板手段と、前記第1の遮蔽板手段によって生成された前記半円状の光ビームを結像する第1の結像レンズ手段と、前記第2の遮蔽板手段によって生成された前記半円状の光ビームを結像する第2の結像レンズ手段とを含んで構成したものである。これは、請求項1に記載された検出光学系手段の構成を具体的に限定したものであり、ハーフミラー手段で光ビームを2本に分岐し、それぞれの光ビームを第1及び第2の遮蔽板手段で遮蔽し、第1及び第2の結像レンズ手段で第1及び第2の光学センサ手段に結像するようにしたものである。

【0013】請求項3に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記検出光学系手段を、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの光軸が描く直線と先端部の頂辺とが一致するように設けられ、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームをそれぞれの斜面で反射して互いに異なる領域が遮蔽された前記2本の半円状の光ビームを生成するナイフエッジプリズム手段と、前記ナイフエッジプリズム手段で反射した前記半円状の光ビームの一方を結像する第1の結像レンズ手段と、前記ナイフエッジプリズム手段で反射した前記半

円状の光ビームの他方を結像する第2の結像レンズ手段とを含んで構成したものである。これは、請求項1に記載された検出光学系手段の構成を具体的に限定したものであり、ナイフエッジプリズム手段で光ビームを2本に分岐すると共に2本の光ビームの互いに異なる領域を遮蔽し、第1及び第2の結像レンズ手段で第1及び第2の光学センサ手段に結像するようにしたものである。

【0014】請求項4に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記光ビームを前記所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させるものとして音響光学偏向器を用いるものである。光ビームを偏向するものとして、機械的に偏向するものや光学的に偏向するものがあるが、これは音響光学偏向器を用いて光学的に偏向するものに限定したものである。

【0015】請求項5に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記光ビームを前記所定の周期で直線的に往復走査するように偏向させるものとしてポリゴンミラーを用いるものである。これはポリゴンミラーを用いて光ビームを機械的に偏向するものに限定したものである。

【0016】請求項6に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記被検査試料の表面から反射した前記光ビームの0次光成分をカットし、0次光成分以外の高次の反射散乱光などを受光する受光素子手段を設けたものである。請求項1に記載された微小突起物検査装置は、微小突起物の高さを検出するものであるが、反射した光ビームの0次光成分をカットし、それに基づいて被検査試料表面の異物や汚れ、傷や欠けなどの欠陥などを検出することができるので、これではそのような検査光学系手段を別途設けた。

【0017】請求項7に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記制御手段を、前記光学センサ手段から出力される前記検出信号の総和を前記被検査試料の表面からの反射光輝度信号とし、この反射光輝度信号の値と所定値とを比較することによって前記被検査試料に形成された微小突起物の位置情報を求め、その位置情報に基づいてステージ手段を制御するようにしたものである。これは、立体構造をした微小突起物の高さや形状などの欠陥を検出する場合には、その周辺に存在するパターン等の立体物と微小突起物とを明確に識別する必要がある場合や被検査試料上に複数の微小突起物が複雑に配置されている場合などに、各微小突起物の各々に対して複雑な座標設定管理を行うことなく、光学センサ手段から出力される検出信号の総和に基づいて微小突起物の座標位置を事前に高精度に測定するようにしたものである。

【0018】請求項8に記載された微小突起物検査装置は、請求項1において、前記制御手段を、前記第1の光学センサ手段の前記2分割された受光領域から出力される前記検出信号であって、前記光ビームの遮蔽されな

(6)

特開2002-22415

10

9

った領域側に対応する受光領域から出力されるものを第1の検出信号とし、前記光ビームの遮蔽された領域側に対応する受光領域から出力されるものを第2の検出信号とし、前記第2の光学センサ手段の前記2分割された受光領域から出力される前記検出信号であって、前記光ビームの遮蔽されなかった領域側に対応する受光領域から出力されるものを第3の検出信号とし、前記光ビームの遮蔽された領域側に対応する受光領域から出力されるものを第4の検出信号とした場合に、前記第1の検出信号から前記第2の検出信号を減算した値と前記第3の検出信号から前記第4の検出信号を減算した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した第1の値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出するようにしたものである。これは、制御手段が行う高さ情報の演算方法を具体的に示したものであり、図12に示した高さ情報 ε の算出式 $\{(A-B) + (C-D)\} / (A+B+C+D)$ に対応したものである。ここで、第1の検出信号がA、第2の検出信号がB、第3の検出信号がC、第4の検出信号がDにそれぞれ対応する。

【0019】請求項9に記載された微小突起物検査装置は、請求項8において、前記制御手段を、前記第1の検出信号から前記第3の検出信号を減算した値と前記第2の検出信号から前記第4の検出信号を減算した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した値を前記第1の値から減算することによって得られた値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出するようにしたものである。これは、制御手段が行う高さ情報の演算方法を具体的に示したものであり、図12(a)に示した算出式 $\varepsilon - \varepsilon_1$ に対応したものである。ここで、 ε_1 は請求項8で算出された第1の値であり、ここでは ε_1 の算出式 $\{(A-C) + (B-D)\} / (A+B+C+D)$ を具体的に示している。

【0020】請求項10に記載された微小突起物検査装置は、請求項8において、前記制御手段を、前記第1の検出信号から前記第3の検出信号を減算した値と前記第2の検出信号から前記第4の検出信号を減算した値との和を前記第1から第4までの検出信号の総和で除した値が所定値よりも大きい場合に、前記第1の値をマスクすることによって得られた値を前記被検査試料に形成された微小突起物の高さ情報として算出するようにしたものである。これは、制御手段が行う高さ情報の演算方法を具体的に示したものであり、図12(b)に対応したものであり、比較器で算出式 $\{(A-C) + (B-D)\} / (A+B+C+D)$ から求まる ε 、を所定値と比較し、 ε が所定値より大きい場合に、ゲート回路を動作させて請求項8で算出された高さ情報 ε の出力をマスクするようにしたものである。

【0021】請求項11に記載された微小突起物検査装置は、請求項1から10までのいずれか1において、前

記制御手段を、算出された前記高さ情報に基づいて前記被検査試料に形成された微小突起物の欠陥検査を行うようにしたものである。これは算出された微小突起物の高さ情報に基づいて隣り合うチップ上の微小突起物同士を隣接比較することによって、微小突起物の欠陥検査を行うようにしたものである。

【0022】請求項12に記載された微小突起物検査装置は、請求項6において、前記制御手段が、前記受光素子手段から出力される検出信号の値と所定値とを比較することによって前記被検査試料に形成された微小突起物の位置情報を求めるようにしたものである。請求項6に記載された微小突起物検査装置は、反射した光ビームの0次光成分をカットし、それに基づいて被検査試料表面の異物や汚れ、傷や欠けなどの欠陥などを検出するものであるが、これはそのような検査光学系手段を用いて微小突起物の座標位置を高精度に測定するようにしたものである。

【0023】請求項13に記載された微小突起物検査装置は、請求項7において、前記制御手段が、前記微小突起物が球状をしている場合に、前記光学センサ手段から出力される前記反射光輝度信号の値と所定値とを比較することによって前記球状の微小突起物の中心位置情報及び大きさ情報の少なくとも一方を求めるようにしたものである。微小突起物が球状の立体構造をしている場合には、その球状突起物の中心位置及び大きさの少なくとも一方を高精度に測定することが必要である。これは、そのために光学センサ手段から出力される検出信号の総和に基づいて球状突起物の中心位置及び大きさの少なくとも一方を高精度に測定するようにしたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に従って説明する。図3は、本発明の微小突起物検査装置の概略構成を示す図である。図4は図3を分かり易くするために検査光学系を立体的に示した斜視図である。従って、図3と図4では同じ構成部品には同じ符号が付してある。図3の微小突起物検査装置は、ウェハ内の複数チップに形成されたパンプの高さ情報に基づいてパンプの欠陥を検査するものである。この微小突起物検査装置は、検査ステージ部と検査光学系と信号処理部とから構成される。

【0025】この実施の形態に係る微小突起物検査装置の検査ステージ部は、XYステージ移動機構300とウェハ搭載台302とステージ駆動回路304から構成される。XYステージ移動機構300は、被検査試料であるウェハ306を搭載したウェハ搭載台302をXY方向に移動させる。ステージ駆動回路304は、画像処理・制御装置500によって制御され、XYステージ移動機構300を駆動制御することによって、ビームスポットが図5に示すようにウェハ搭載台302上のウェハ306を相対的にX方向及びY方向に走査するように制御

(7)

特開2002-22415

11

12

している。ステージ駆動回路304は、まず、図6に示すようにウエハ306のチップ60のバンパ形成ラインX1、X2に対応した矢印51に沿ったX方向にビームスポットが主走査するようにウエハ306を移動させる。この主走査終了後にステージ駆動回路304は、次のバンパ形成ラインX3、X4に対応する位置まで矢印52に沿ったY方向にビームスポットが副走査するようにウエハ306を移動させる。この主走査終了後にステージ駆動回路304は、前述の主走査とは逆向きの矢印53に沿ってチップ60のバンパ形成ラインX3、X4に対応したX方向にビームスポットが主走査するようにウエハ306を移動させる。この主走査終了後にステージ駆動回路304は、次のチップのバンパ形成ラインX1、X2に対応する位置まで矢印54に沿ったY方向にビームスポットが副走査するようにウエハ306を移動させる。なお、前述の走査方法は、バンパ形成ラインX1、X2を同時に検査できる場合やバンパ形成ラインがチップ60の周辺部に1列だけの場合の例であり、バンパ形成ラインX1、X2を同時に検査することができない場合には、ステージ駆動回路304はそれぞれのバンパ形成ラインX1、X2に沿って主走査が行われるようにウエハ306を移動させることになる。このようにして、ウエハ306の全てのチップについてバンパ形成ラインX1～X4に対応する主走査が終了した時点で、ステージ駆動回路304は、ウエハ306を右方向又は左方向に約90度回転させて、バンパ形成ラインY1～Y4についても同様にビームスポットが主走査及び副走査を行うようにウエハ306を移動させる。

【0026】この実施の形態に係る微小突起物検査装置の検査光学系は、レーザ光をウエハ306に照射する投光光学系と、ウエハ306で反射したレーザ光を光学センサに導く検出光学系とから基本的に構成される。投光光学系は、半導体レーザ光源400、S偏光板401、コリメートレンズ402、音響光学偏向器(AOD: Acousto-Optic Deflector)404、偏向器駆動回路405、fθレンズ406、レンズ408、偏光ビームスプリッタ410、4分の1波長板412及び対物レンズ414から構成される。

【0027】半導体レーザ光源400は、所定周波数のレーザ光を出射する。S偏光板401は、半導体レーザ光源400から出射されるレーザ光のS偏光成分のみを透過させる。コリメートレンズ402は、S偏光板401を透過したS偏光成分のレーザ光を平行光線束に変換する。音響光学偏向器404は、コリメートレンズ402を透過したS偏光成分の平行光線束を、ウエハ306の検出領域308をY方向に往復する偏向光に変換する。偏向器駆動回路405は、画像処理・制御装置500によって制御され、所定周波数(約4MHz)の駆動信号を音響光学偏向器404に供給する。fθレンズ406及びレンズ408は、ウエハ306の検出領域30

8の各走査位置においてレーザ光を最適に集束させるように動作するものである。偏光ビームスプリッタ410は、S偏光成分のレーザ光を反射し、P偏光成分のレーザ光を透過させるものである。従って、偏光ビームスプリッタ410は、fθレンズ406及びレンズ408を透過したS偏光成分のレーザ光をウエハ306側に反射する。偏光ビームスプリッタ410で反射されたレーザ光は、4分の1波長板412で円偏光成分のレーザ光に変換され、対物レンズ414を介してウエハ306に集光される。

【0028】検出光学系は、対物レンズ414、4分の1波長板412、偏光ビームスプリッタ410、ハーフミラー416、418、遮蔽板420、422、結像レンズ424、426、2分割光学センサ428、430、空間フィルタ432、結像レンズ434、スリット436及びホトマルチプライア438から構成される。ウエハ306で反射した円偏光成分の反射レーザ光は、対物レンズ414及び4分の1波長板412を透過する。このとき、円偏光成分の反射レーザ光は、4分の1波長板412を透過することによって、P偏光成分の反射レーザ光に変換され、偏光ビームスプリッタ410に導入される。偏光ビームスプリッタ410は、ウエハ306からの反射光であって、4分の1波長板412からのP偏光成分の反射光を後段のハーフミラー418側に透過させる。ハーフミラー418は、偏光ビームスプリッタ410からのP偏光成分の反射レーザ光の光軸に対して45度の角度を持って配置され、その反射レーザ光の約半分をその光軸の側面に配置されたバンパ欠陥検出光学系側に反射し、その反射レーザ光の約半分をウエハ表面欠陥検出光学系側に透過させる。

【0029】バンパ欠陥検出光学系は、ハーフミラー418、遮蔽板420、422、結像レンズ424、426及び2分割光学センサ428、430から構成される。ハーフミラー418は、ハーフミラー416からの反射レーザ光の光軸に対して45度の角度を持って配置され、その反射レーザ光の約半分をその光軸の側面に配置された2分割光学センサ428側に反射し、ハーフミラー418からの反射レーザ光の約半分を2分割光学センサ430側に透過させる。遮蔽板420、422は、ハーフミラー418と2分割光学センサ428、430との間に配置され、ハーフミラー416で反射した反射レーザ光の断面のそれぞれ異なる片側半分の領域を遮蔽する。図3に示すように、遮蔽板422は、ハーフミラー418を透過したレーザ光の下側半分の領域、すなわちハーフミラー416で反射したレーザ光の下側半分の領域を遮蔽し、遮蔽板420は、ハーフミラー418で反射したレーザ光の上側半分の領域を遮蔽している。なお、遮蔽板420、422は、結像レンズ424、426と2分割光学センサ428、430との

13

間に配置してあってもよい。

【0030】結像レンズ424、426は、遮蔽板420、422によって遮蔽されなかったレーザ光に対応した像をそれぞれ2分割光学センサ428、430上に結像する。2分割光学センサ428、430は、ハーフミラー416からの反射レーザ光を受光し、それに対応した検出信号A～Dを出力する。2分割光学センサ428、430は、ウエハ306の検出領域308と同じY方向（偏向方向）に沿って受光領域が2分割されたホトセンサで構成されている。従って、2分割光学センサ428、430は、それぞれ独立した検出信号A～Dを出力する。図3の場合、ウエハ306の検出領域308のY方向（偏向方向）と2分割光学センサ428、430上に結像された像が往復する偏向方向は、図面の奥行き方向である。

【0031】ウエハ表面欠陥検出光学系は、空間フィルタ432、結像レンズ434、スリット436及びホトマルチプライア438から構成される。空間フィルタ432は、ハーフミラー416からの透過レーザ光の光軸上に配置され、その透過レーザ光の0次光成分をカットし、0次光成分以外の高次の反射散乱光などをホトマルチプライア438側に通過させる。結像レンズ434は、空間フィルタ432を通過したレーザ光に対応した像をスリット436を介してホトマルチプライア438上に結像する。スリット436は、ウエハ306の検出領域308と同じY方向（偏向方向）に沿って形成された間隙で構成されている。ホトマルチプライア438は、結像レンズ434によって集光された光のうち、スリット436を通過したレーザ光を受光し、そのレーザ光の強度に応じた電流を出力するものである。

【0032】信号処理部は、画像処理・制御装置500、アンプ502A～502D、アナログーデジタル（A/D）変換器504、505、アンプ506、欠陥検出回路508及びA/D変換器510から構成される。アンプ502A～502Dは、2分割光学センサ430、428の各端子から出力される検出信号A～Dを増幅してA/D変換器504、505に供給する。A/D変換器504、505は、各アンプ502A～502Dから出力されたアナログの検出信号A～Dをデジタル信号に変換して画像処理・制御装置500に供給する。アンプ506は、ホトマルチプライア438から出力される検出電流を増幅して欠陥検出回路508に供給する。ウエハ306上に異物や汚れ、傷や欠けなどの欠陥が存在すると、それによってホトマルチプライア438には一瞬の間レーザ光が入射するようになるので、それに応じてホトマルチプライア438からはパルス的な電流が出力される。欠陥検出回路508は、このパルス的な電流に基づいて検出されたウエハ306表面の欠陥に対応した欠陥検出信号をA/D変換器510に供給する。A/D変換器510は、欠陥検出回路508から出

(8)

特開2002-22415

14

力されたアナログの欠陥検出信号をデジタルの欠陥検出信号に変換して画像処理・制御装置500に供給する。

【0033】画像処理・制御装置500は、図示していないマイクロプロセッサユニット（CPU）、プログラムメモリ（ROM）、ワーキングメモリ（RAM）、ハードディスク装置（HDD）、外部インターフェイスなどを含むマイクロコンピュータシステムで構成されており、各種の処理を実行するようになっている。なお、図示していないが、この画像処理・制御装置500には、キーボードやモニタ画面などが接続され、操作者との間でグラフィカルユーザインターフェイス（GUI）を構築している。画像処理・制御装置500内のメモリ（ROM、RAM、HDD）には、バンプ高さ形状検出プログラム、ウエハ走査プログラム、欠陥検出プログラム、焦点合わせプログラムなどの各種プログラムが格納されている。

【0034】バンプ高さ形状検出プログラムは、キーボード上の所定の検査開始キーの操作に応じて実行されるものである。このバンプ高さ形状検出プログラムの実行によって、画像処理・制御装置500は、焦点合わせプログラム、ウエハ走査プログラム及び欠陥検出プログラムの順番で各プログラムを実行する。焦点合わせプログラムは、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号A～Dに基づいてfθレンズ406、レンズ108及び対物レンズ414を調整して、ウエハ306の表面にレーザ光の焦点が位置するように焦点合わせを行う。ウエハ走査プログラムは、ステージ駆動回路304及び偏向器駆動回路405に制御信号を供給し、図5に示すような主走査及び副走査を繰り返し実行し、各A/D変換器504、505から出力される検出信号A～D及びA/D変換器510から出力される欠陥検出信号をメモリ領域に一時的に記憶する。欠陥検出プログラムは、各A/D変換器504、505から出力された検出信号A～Dに基づいてバンプの高さ情報を検出し、それに基づいてバンプの欠陥などを検出し、A/D変換器510から出力される欠陥検出信号に基づいてウエハ306上の異物や汚れ、傷や欠けなどの欠陥位置をウエハ306上で特定したりする。なお、検出信号A～Dに基づいてどのようにして高さ情報が検出されるのかについての詳細は後述する。

【0035】図5は、ウエハ搭載台302上に搭載されたウエハ306を上側から見た図である。図から明らかなようにウエハ306には長方形の複数のチップが規則正しく設けられている。チップ60は、図6に示すようにチップ外周に沿って設けられたバンプ形成ラインX1～X4、Y1～Y4上に複数のバンプが規則正しく配列されている。図6ではバンプの形状は正方形で示されている。また、図6では、チップ60の外周に沿ってそれぞれ近接した2本のバンプ形成ライン（X1、X2）、（X3、X4）、（Y1、Y2）、（Y3、Y

15

1) が存在する場合を示しているが、通常は1本であったり、これ以上の本数の場合もある。

【0036】図7は、バンプ形成ライン上のバンプに対するレーザ光の走査状態を示す図である。図7において、バンプ72、73は、バンプ形成ラインX1に沿ったパッド70、71上に形成されている。図4のY方向の検出領域308は図7では上下方向に対応しており、その距離は0.36[mm]である。ウエハ306表面に照射されたレーザ光のビームスポット74の直径は約3.6[μm]程度であり、このビームスポット74が検出領域308を周波数4[MHz]で往復することによって走査する。さらに、ビームスポット74は、検出領域308を下方向に走査するとバンプ形成ラインX1に沿って所定ピッチ3[μm]だけ移動し、再び検出領域308を上方向に走査し、所定ピッチだけ移動するという走査動作を繰り返す。なお、バンプ形成ラインX1方向の移動が連続的な場合には、ジグザク走査となり、Y方向の1回の走査に同期させてバンプ形成ラインX1方向の移動を行えば、図7に示すような矩形状の走査となる。

【0037】この微小突起物検査装置は、被検査試料を走査して表面の凹凸に応じた反射光に基づいてその高さの差位を測定する焦点誤差検出光学系としてナイフエッジ法を採用している。図8及び図9は、このナイフエッジ法に基づいた検出原理を説明するための図である。ナイフエッジ法は、従来から知られているものであり、基本原理は、図8及び図9に示すように、被検査試料であるウエハ306からの反射光をナイフエッジである遮蔽板420、422を介して2分割光学センサ428、430で受光し、その検出信号A～Dに基づいてウエハ306表面の凹凸の高さを検出するものである。なお、図8及び図9では、図3及び図4の検査光学系の4分の1波長板412、偏光ビームスプリッタ410、ハーフミラー416、418を省略し、結像レンズ424、426と対物レンズ414が一体で構成されたもの場合を例示している。従って、図8及び図9では、結像レンズ424、426と2分割光学センサ428、430との間に遮蔽板420、422が存在するものとして図示してある。

【0038】通常、ウエハ306の表面の凹凸の高さを検出するだけなら、ハーフミラー418を省略し、ハーフミラー416からの反射レーザ光を1個の2分割光学センサ430で受光し、その検出信号A、Bに基づいて高さ情報εを求めることができる。2分割光学センサ430の受光領域の境界の長さLがウエハ306の検出領域308に対応している。高さ情報εは検出信号A、Bの値を演算式 $(A - B) / (A + B)$ に適用することによって算出される。例えば、図8(a)に示すように、ウエハ306に凸部(突起)も凹部(窪み)もなく、その表面が対物レンズ414の合焦点位置にある場合は、

(9)

特開2002-22415

16

反射レーザ光の結像点が2分割光学センサ430の表面であって、2分割された受光領域の丁度境界付近にできる。その結果、2分割光学センサ430から出力される検出信号A、Bはほぼ等しくなるので、高さ情報ε = $(A - B) / (A + B)$ は「0」となる。

【0039】図8(c)に示すように、ウエハ306に凸部(突起)が存在する場合には、反射レーザ光の結像点は2分割光学センサ430の後側に位置するようになるため、2分割光学センサ430の左側(検出信号A側)には、その凸部(突起)の大きさ(高さ)に応じた径の半円形状の反射レーザ光のビームスポットが形成されるようになる。この場合の高さ情報ε = $(A - B) / (A + B)$ は、正の値(ε > 0)となる。この高さ情報εは凸部(突起)の大きさ(高さ)に対応したものとなる。逆に、図9(a)に示すように、ウエハ306に凹部(窪み)が存在する場合には、反射レーザ光の結像点は2分割光学センサ430の前側に位置するようになるため、2分割光学センサ430の右側(検出信号B側)には、その凹部(窪み)の大きさ(深さ)に応じた径の半円形状の反射レーザ光のビームスポットが照射されるようになる。この場合の高さ情報ε = $(A - B) / (A + B)$ は、負の値(ε < 0)となる。この高さ情報εは凹部(窪み)の大きさ(深さ)に対応したものとなる。

【0040】このようにハーフミラー416からの反射レーザ光を1個の2分割光学センサ430だけで受光し、その検出信号A、Bに基づいて高さ情報εを求めることができるにもかかわらず、この実施の形態に係る微小突起物検査装置では、ハーフミラー418を設け、その反射レーザ光を遮蔽板422とは相補的な位置関係にある遮蔽板(ナイフエッジ)420を介して2分割光学センサ428で受光し、その検出信号A～Dに基づいて高さ情報εを求めるようにしている。高さ情報εは検出信号A～Dの値を演算式 $\{(A - B) + (C - D)\} / (A + B + C + D)$ に適用することによって算出される。図8(a)、(b)のようにウエハ306に凸部(突起)も凹部(窪み)もない場合には、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号A～Dの値がほぼ等しくなるので、高さ情報εは「0」となる。

【0041】図8(c)、(d)のようにウエハ306に凸部(突起)が存在する場合には、2分割光学センサ430の左側(検出信号A側)及び2分割光学センサ428の右側(検出信号C側)には、その凸部(突起)の大きさ(高さ)に応じた径の半円形状の反射レーザ光のビームスポットが照射されるようになる。従って、この場合の高さ情報ε = $\{(A - B) + (C - D)\} / (A + B + C + D)$ は、正の値(ε > 0)となる。図9(a)、(b)のようにウエハ306に凹部(窪み)が存在する場合には、2分割光学センサ430の右側(検出信号B側)及び2分割光学センサ428の左側(検出信号D側)には、その凹部(窪み)の大きさ(深さ)に

(10)

特開2002-22415

17

応じた径の半円形状の反射レーザー光のビームスポットが照射されるようになる。従って、この場合の高さ情報 $\varepsilon = \{(A-B) + (C-D)\} / (A+B+C+D)$ は、負の値 ($\varepsilon < 0$) となる。

【0042】このように、2系統の2分割光学センサ428、430からの検出信号A～Dに基づいて高さ情報 ε を求めている関係上、検出精度が向上するという効果の他に、次のような効果がある。すなわち、投光光学系である半導体レーザー光源400、S偏光板401、コリメートレンズ402、音響光学偏向器404、偏向器駆動回路405、fθレンズ406、レンズ408、偏光ビームスプリッター110、4分の1波長板412及び対物レンズ414などの熱変動あるいは音響光学偏向器404自身の偏向誤差によって、図9(c)、(d)に示すようにスポット走査ズレ(Δt)が発生すると、2分割光学センサ428、430表面のスポット位置が左側(検出信号A側)にずれてしまう。このスポット走査ズレ(Δt)とは、対物レンズ414からウエハ306に対してレーザー光が垂直に落射しなければならないにも関わらず、ある一定の角度を持って落射する場合をいう。

【0043】このような場合に、従来のようにハーフミラー418を省略し、ハーフミラー416からの反射レーザー光を1個の2分割光学センサ430だけで受光し、その検出信号A、Bに基づいて高さ情報 ε を求めると、図8(c)及び図9(c)の場合は凸部(突起)の大きさ(高さ)は同じであるにもかかわらず、2分割光学センサ428の左側(検出信号A側)に照射される反射レーザー光のスポット面積が図8(c)及び図9(c)の場合で異なることになる。このようにスポット面積が異なると、実際の凸部(突起)の高さは同じであるにも関わらず、図9(c)の場合には、誤差のある高さが検出されることになる。すなわち、これは、検出信号Aの大きさが図8(c)の場合よりも図9(c)の場合の方が大きくなるため、高さ情報 ε を求める演算式 $(A-B)/(A+B)$ の分子側の値(A-B)が検出信号Aの大きさに応じて変動するからである。

【0044】ところが、この実施の形態に係る微小突起物検査装置のように、2系統の2分割光学センサ428、430からの検出信号A～Dに基づいて高さ情報 ε を求めることによって、検出信号Aの大きさが図8(c)の場合よりも図9(c)の場合の方が大きくなっても、相補的に検出信号Cの大きさが図8(d)の場合よりも図9(d)の場合の方が小さくなる。すなわち、高さ情報 ε を求める演算式 $\{(A-B) + (C-D)\} / (A+B+C+D)$ の分子側の値 $\{(A-B) + (C-D)\}$ は変動することなくほぼ一定の値となる。従って、この実施の形態に係る微小突起物検査装置によれば、投光光学系の光学素子の熱変動や音響光学偏向器404自身の偏向誤差によって、スポット走査ズレ(Δt)が発生したとしても、その影響を受けることなく高

18

精度な高さ測定を行うことができるという効果がある。

【0045】この実施の形態に係る微小突起物検査装置のように、立体構造をした検査対象の高さや形状などの欠陥を検出する場合には、その周辺に存在するパターン等の立体物と検査対象物とを明確に識別する必要がある。今までは、被検査試料上に複数の検査対象物が複雑に配置されている場合などには、各検査対象物の各々に対して複雑な座標設定管理を行っていた。そこで、この実施の形態に係る微小突起物検査装置では、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号A～Dに基づいて検査対象物であるバンプの座標位置を事前に高精度に測定するようにした。以下、この検査対象物の座標位置の測定方法について図10及び図11を用いて説明する。

【0046】図10は、検出信号を2値化することによって検査対象物であるバンプの座標位置を測定する方法の概略を説明する図である。図10(a)は、バンプの形成されたウエハ表面の一部を上面から見た図である。図10(b)は、図10(a)のバンプの断面形状を示す図である。図10(a)に示すようにバンプ72はパッド70上に、図10(b)に示すような凸部(突起)となるように形成されている。ウエハ306表面に照射されたレーザー光のビームスポットによって矢印101の検出領域の走査が行われると、A/D変換器504、505からは図10(c)のような反射光輝度を表す信号が抽出される。すなわち、この反射光輝度信号は、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号A～Dの総和、すなわち、前述の演算式 $\{(A-B) + (C-D)\} / (A+B+C+D)$ の分母側の値(A+B+C+D)である。

【0047】この反射光輝度信号(A+B+C+D)は、検査対象物であるバンプや被検査試料であるウエハ306などの表面形状や下地形状やその材質などに依存した特定の値を示すことが分かっている。すなわち、バンプ72の反射光輝度信号は、図10(c)に示すようにその周囲のウエハ306の反射光輝度信号に比べて極端に小さな値を示すことが分かっている。そこで、この実施の形態では、バンプ72とウエハ306のそれぞれの反射光輝度信号のほぼ中間にしきい値を設定して、このしきい値よりも大きい場合をローレベル「0」とし、小さい場合をハイレベル「1」として、被検査試料であるウエハ306表面の2値化サンプリングを行うことにした。

【0048】図10(d)は、図10(c)の反射光輝度信号の2値化サンプリングの結果を示すものであり、図10(e)は、図10(a)のバンプ72の周辺が2値化された場合における結果を示す図である。これらの図から明らかなように、ウエハ306の表面を2値化サンプリングすることによって、従来のように、複雑な座標管理を行わなくても、バンプの存在する位置を高精度

(11)

特開2002-22415

19

20

に特定することができるようになる。図11は、図10の測定方法によって2値化サンプリングされたバンプの座標位置に基づいて行われる隣接比較の概略を示す図である。図11(a)は、隣り合うチップの隣接比較の対象となるバンプ周辺の2値化の様子を示し、図11

(b)は、各バンプの中央付近における高さ情報 ε の値をグラフ化して示したものである。図において、ハイレベル「1」の領域75~79が各チップのバンプの存在する部分であり、これらに基づいて隣接比較対象の比較ピッチが特定される。そして、図11(b)のような高さ情報 ε に基づいて比較ピッチに基づいた隣接比較が行われる。その隣接比較の結果が図11(b)のようになる。すなわち、領域75、76、78は隣接比較の結果、正常と判定され、領域77はバンプの欠陥と判定され、領域79はバンプ高さ欠陥と判定される。なお、図11(a)の2値化されたバンプ座標位置に基づいてもバンプの欠陥を検出することは可能である。すなわち、図11(a)の場合、2値化サンプリングデータにおいて領域77の右下部分が欠けており、この部分にバンプの欠陥欠陥が存在することを検出することができる。

【0049】図12は、画像処理・制御装置500内の欠陥検出プログラムによって求められる最終的なバンプの高さ情報 ε_{01} 、 ε_{02} の演算方法を示す図である。図13は、バンプの高さ情報 ε_{01} 、 ε_{02} を算出する必要性及び算出方法の概略を示す図である。図13(a)は、バンプとバンプの間に何も存在しない場合のウェハ表面の一部を上から見た図である。図13(b)は、図13(a)の各バンプの断面形状を示す図である。図13(c)は、図13(a)、(b)のようなバンプに対して行われた高さ測定演算処理の結果であるバンプの高さ情報 ε の値を示す波形図である。図13(d)は、バンプとバンプの間に回路の配線パターンなどが存在する場合のウェハ表面の一部を上から見た図である。図13(e)は、図13(d)の各バンプ及び配線パターンの断面形状を示す図である。図13(f)は、図13(d)、(e)のようなバンプ及び配線パターンに対して行われた高さ測定演算処理の結果であるバンプの高さ情報 ε の値を示す波形図である。

【0050】図13(a)、(b)のように、バンプとバンプとの間に何も存在しない場合には、前述の演算式 $\{(A-B)+(C-D)\}/(A+B+C+D)$ に従って求められたバンプの高さ情報 ε は、図13(c)に示すように、図13(b)のバンプの断面形状とほぼ同じものとなる。従って、このような場合には、この高さ情報 ε に基づいて欠陥検出を行っても何ら支障はない。

【0051】しかし、図13(d)、(e)のようにバンプとバンプとの間に回路の配線パターンなどが存在する場合には、演算式 $\{(A-B)+(C-D)\}/(A+B+C+D)$ に従って求められたバンプの高さ情報 ε

は、図13(f)に示すように、バンプの存在する部分については図13(b)のバンプの断面形状とほぼ同じであり問題ないが、バンプとバンプの間の配線パターン箇所における高さ情報 ε は図13(f)に示すように高段差(高変位置)信号となり、実際の配線パターンとは異なる虚報(虚変位置) ε_1 を含んだ高さ情報が検出される。

【0052】この虚報(虚変位置) ε_1 は、図8に示すように、2分割光学センサ428、430の受光領域であって遮蔽板420、422によって遮蔽されない片側半分の領域同士との差分値 $(A-C)$ と、遮蔽される片側半分の領域同士との差分値 $(B-D)$ との和に等しい。そこで、各A/D変換器504、505から出力される検出信号A~Dを、演算式 $\{(A-C)+(B-D)\}/(A+B+C+D)$ に適用することによって、虚報(虚変位置) ε_1 を求める。図13(g)はこのようにして求められた虚報(虚変位置) ε_1 の値を示す波形図である。図から明らかなように、バンプの高さ情報 ε から虚報(虚変位置) ε_1 を除去するためには、図13(f)の波形から図13(g)の波形を減算すればよい。

【0053】図12(a)は、図13(f)の波形から図13(g)の波形を減算して、バンプの高さ情報 ε_{01} を出力するように構成された画像処理・制御装置500内の欠陥検出プログラムによって生成される処理ブロックの一部を示す図である。処理ブロック121は、各A/D変換器504、505から出力される検出信号A~Dに基づいて、演算式 $\{(A-B)+(C-D)\}/(A+B+C+D)$ に従った高さ測定演算処理を実行することによってバンプの高さ情報 ε を算出し、演算式 $\{(A-C)+(B-D)\}/(A+B+C+D)$ に従ったパターンエッジ抽出演算処理を実行することによって虚報(虚変位置) ε_1 を算出する。処理ブロック122は、処理ブロック121によって算出されたバンプの高さ情報 ε から虚報(虚変位置) ε_1 を減算することによって、図13(h)に示すような虚報(虚変位置) ε を含まない最終的なバンプの高さ情報 ε_{01} を出力する。

【0054】一方、バンプの高さ情報 ε から虚報(虚変位置) ε_1 を除去するための別の方法として、図13(g)の虚報(虚変位置) ε_1 の波形に対し、所定のしきい値を予め設定しておき、虚報(虚変位置) ε_1 の値がこのしきい値を越えた場合に、バンプの高さ情報 ε の出力をマスクするように処理する。図12(b)は、図13(g)の波形と所定のしきい値を比較し、比較結果に応じて図13(f)のバンプの高さ情報 ε の出力をマスクして、バンプの高さ情報 ε_{01} を出力するように構成された画像処理・制御装置500内の欠陥検出プログラムによって生成される処理ブロックの一部を示す図である。処理ブロック123は、処理ブロック121と同様に、各A/D変換器504、505から出力される検出

(12)

特開2002-22415

21

信号A~Dに基づいて、演算式 $\{(A \cdot B) + (C - D)\} / (A + B + C + D)$ に従った高さ測定演算処理を実行することによってパンプの高さ情報 ε を算出し、演算式 $\{(A - C) + (B - D)\} / (A + B + C + D)$ に従ったパターンエッジ抽出演算処理を実行することによって虚報（虚変位置） ε_1 を算出する。比較器124は、処理ブロック123で算出された虚報（虚変位置） ε_1 としきい値を比較し、虚報（虚変位置） ε_1 がしきい値以下の場合にはハイレベル「1」の信号を、虚報（虚変位置） ε_1 がしきい値よりも大きい場合はローレベル「0」信号を、ゲート回路125に出力する。ゲート回路125は、処理ブロック123で算出されたパンプの高さ情報 ε を一方の端子に、比較器124から出力されるハイレベル「1」又はローレベル「0」の信号を他方の端子に入力し、ハイレベル「1」の信号が入力している場合のみゲートを開き、ローレベル「0」の信号が入力している場合にはゲートを閉じることによって、パンプの高さ情報 ε から虚報（虚変位置） ε_1 の除去されたパンプの高さ情報 ε_2 を出力する。画像処理・制御装置500は、以上のようにして測定された高さ情報 ε_2 又は ε_3 に基づいて、ボールやパンプなどに欠陥が存在するか否かの検査を行うことによって、虚報（虚変位置） ε_1 に影響されることなく微小突起物の高さ検査を高精度に行うことができる。

【0055】図14は、図3に示した微小突起物検査装置の変形例を示す図であり、図3の投光光学系とパンプ欠陥検出光学系に対応する構成のみが示してあり、その他の構成に関しては省略してある。図14において、図3と同じ構成のものには同一の符号が付してあるので、その説明は省略する。図14の投光光学系が図3のものと異なる点は、図3の音響光学偏向器404に代えてポリゴンミラー403を用いてコリメートレンズを透過したS偏光成分の平行光線束を、ウエハ306の検出領域をY方向に往復する偏向光に変換するようにした点である。ポリゴンミラー403を用いているので、図示していない半導体レーザ光源400、S偏光板401及びコリメートレンズ402は、f θ レンズ408側に配置され、そこからS偏光成分のレーザ光をポリゴンミラー403に照射することになる。ポリゴンミラー403は、偏向器駆動回路405によって回転駆動制御される。

【0056】また、図14のパンプ欠陥検出光学系が図4のものと異なる点は、ハーフミラー418及び遮蔽板420、422に代えて、ナイフエッジプリズム423を用いてハーフミラー416からの反射レーザ光を2分割光学センサ428、430に反射するようにした点である。ナイフエッジプリズム423は、直角プリズムで構成され、その先端部の頂辺が偏向方向と一致するように配置される。従って、ナイフエッジプリズム423によって、反射レーザ光は上下の2方向に分岐され、分岐された各レーザ光は反射レーザ光の下側半分又は上側半

22

分の領域が遮蔽された状態で結像レンズ424、426を介して2分割光学センサ428、430に導かれる。このようにポリゴンミラー403を用いて偏向光を作成すると、ポリゴンミラーの面振れによって、図9(c)、(d)に示すようなスポット歪み (Δt) が発生するが、前述のように2系統の2分割光学センサ428、430からの検出信号A~Dに基づいて高さ情報 ε を求めているので、その影響を受けることなく高精度な高さ測定を行うことができる。また、ナイフエッジプリズム423を用いることによって部品点数を減らすことができ、光軸合わせなどの調整を容易に行えるようにすることができる。

【0057】図15は、図4に示した微小突起物検査装置のウエハ表面欠陥検出光学系の変形例を示す図である。図15において、図4と同じ構成のものには同一の符号が付してあるので、その説明は省略する。図15のウエハ表面欠陥検出光学系は、結像レンズ440、中間レンズ442、十字形空間フィルタ444、結像レンズ446及びホトマルチプライア438から構成される。結像レンズ440は、ハーフミラー416からの透過レーザ光の光軸上に配置され、その透過レーザ光を結像させる。中間レンズ442は対物レンズのフーリエ面を空間フィルタ444上に形成する。十字形空間フィルタ444は、X方向（主走査方向）及びY方向（偏向方向）に沿って形成された十字形の遮蔽部材で構成されている。十字形空間フィルタ444は、ハーフミラー416を透過したレーザ光の光軸上に配置され、その透過レーザ光の0次光成分をカットすると共に十字形の遮蔽部材によってウエハ表面に形成されているX方向及びY方向に延びた配線パターンからの回折光を遮蔽し、0次光成分以外の高次の反射散乱光だけを通過させる。結像レンズ446は、十字形空間フィルタ444を通過したレーザ光をホトマルチプライア438上に結像させる。ホトマルチプライア438は、十字形空間フィルタ444を通過し結像レンズ446によって集光されたレーザ光を受光し、そのレーザ光の強度に応じた電流を出力する。このように、十字形空間フィルタ444を用いることによって配線パターンなどの回折光をカットすることができる。ウエハ表面の欠陥を高精度に検出することができる。なお、図15のウエハ表面欠陥検出光学系と図14のパンプ欠陥検出光学系とを組み合わせてもよい。

【0058】上述の実施の形態では、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号（反射光輝度信号）A~Dに基づいて検査対象物である角柱パンプの座標位置を事前に高精度に測定する場合について説明したが、次にホトマルチプライア438から出力される電流（散乱光輝度信号）に基づいて検査対象物の座標位置を測定する方法について説明する。図16は、散乱光輝度信号を2値化することによって検査対象物である角柱パ

(13)

特開2002-22415

23

24

ンプの座標位置を測定する方法の概略を説明する図である。図16(a)は、角柱バンプ及び配線パターンの形成されたウエハ表面の一部を上面から見た図である。図16(b)は、図16(a)の角柱バンプ及び配線パターンの断面形状を示す図である。図16(a)に示すように角柱バンプ161~163は、パッド164~166の上に、図16(b)に示すような凸部(突起)となるように形成されている。ウエハ表面に照射されたレーザー光のビームスポットによって矢印168の検出領域の走査が行われると、A/D変換器510からは図16

(c)のような散乱光輝度を現す信号が出力される。
【0059】この散乱光輝度信号は、検査対象物である角柱バンプ161~163や被検査試料であるウエハなどの表面形状や下地形状やその材質、配線パターン、異物167などに依存した特定の値を示すことが分かっている。すなわち、角柱バンプ161~163の散乱光輝度信号は、図16(c)に示すようにその周囲のウエハの散乱光輝度信号に比べて極端に大きな値を示すことが分かっている。また、配線パターンや異物167の散乱光輝度信号はパルス的な波形を示す。そこで、この実施

の形態では、角柱バンプ161~163の散乱光輝度信号のほぼ中間にしきい値を設定して、このしきい値よりも大きい場合をハイレベル「1」とし、小さい場合をローレベル「0」として、被検査試料であるウエハ表面の2値化サンプリングを行う。
【0060】図16(d)は、図16(c)の散乱光輝度信号の2値化サンプリングの結果である2値化信号を示すものであり、図16(e)は、図16(a)の角柱バンプ161~163の周辺が2値化された場合における結果を示す図である。これらの図から明らかなよう

に、ウエハの表面を2値化サンプリングすることによって、従来のように、複雑な座標管理を行わなくても、角柱バンプの存在する位置を高精度に特定することができる。なお、異物167の散乱光輝度信号は、しきい値よりも大きいパルス的な波形なので、図16(d)に示すように角柱バンプ161~163のパルス状の波形161a~163aよりも十分に幅の小さなパルス状の波形167aとして検出され、それが図16(e)に示すように異物167に対応したパターンとして現れる。これによって異物167を容易に検出することができ

る。ウエハ表面に照射されたレーザー光のビームスポットによって矢印178の検出領域の走査が行われると、A/D変換器504、505からは図17(c)のような反射光輝度を現す信号が出力される。すなわち、この反射光輝度信号は、2分割光学センサ428、430から出力される検出信号A~Dの総和、すなわち、前述の演算式 $\{(A-B) + (C-D)\} / (A+B+C+D)$ の分母側の値 $(A+B+C+D)$ である。

【0062】この反射光輝度信号は、検査対象物であるボールバンプ171~173や被検査試料であるウエハなどの表面形状や下地形状やその材質などに依存した特定の値を示すことが分かっている。すなわち、ボールバンプ171~173の反射光輝度信号は、図17(c)に示すようにボールバンプ171~173の頂部付近は大きな値の反射光輝度信号を示すが、頂部以外の外周付近は極端に小さな値の反射光輝度信号を示すことが分かっている。すなわち、レーザー光のビームスポットがボールバンプ171~173に照射すると、その反射光輝度信号は極端に小さくなるが、ビームスポットがボールバンプ171~173の頂部付近を照射すると、今度はその反射光輝度信号が大きくなり、再びビームスポットがボールバンプ171~173の外周付近を照射すると反射光輝度信号は小さくなるという特性を示す。そこで、この実施の形態では、ボールバンプ171~173と頂部付近と外周付近の反射光輝度信号のほぼ中間にしきい値を設定して、このしきい値よりも大きい場合をハイレベル「1」とし、小さい場合をローレベル「0」として、被検査試料であるウエハ表面の2値化サンプリングを行う。

【0063】図17(d)は、図17(c)の反射光輝度信号の2値化サンプリングの結果である2値化信号を示すものであり、図17(e)は、図17(a)のボールバンプ171~173の周辺が2値化された場合における結果を示す図である。これらの図から明らかなように、ボールバンプ171~173を含むウエハの表面を2値化サンプリングすることによって、ボールバンプの存在する位置を高精度に特定することができる。なお、図17の場合、レーザー光のビームスポットが矢印178のようにボールバンプ171~173のほぼ中央付近を走査しているので、図17(d)の2値化信号の幅W1はボールバンプ171の大きさ(直径)を示し、幅W2は頂部付近の位置情報を示すことになる。

【0064】図18は、図17(d)の2値化信号に基づいてボールバンプの重心及び高さを検出する方法の一例を示す図である。パッド174上のボールバンプ171に対して、レーザー光のビームスポットによって図に示すような複数の走査が行われた場合、その2値化信号は右側に示すような波形L1~LFようになる。波形L1~波形L5及び波形L1B~波形LFは、ビームスポッ

50

(14)

特開2002-22415

25

26

トがボールパンブ171の外周付近だけを通過している関係上、その部分だけ反射光輝度信号の小さな凹部を示す信号となる。このときの凹部の幅W11~幅W15は、ビームスポットがボールパンブ171を走査する距離に応じて徐々に大きくなり、逆に凹部の幅W1B~幅W1Fはその走査距離に応じて徐々に小さくなっている。波形L6~波形L8は、ビームスポットがボールパンブ171の外周付近-頂部付近-外周付近の順番で通過している関係上、反射光輝度信号は凹部の中に凸部を示すような信号となる。このときの凹部の幅W16~幅W1Aは、ビームスポットがボールパンブ171を走査する距離に応じて徐々に大きくなり、波形L8の幅W18でその最大を示し、その後は徐々に小さくなっている。一方、凸部の幅W21~幅W25は、ビームスポットがボールパンブ171の頂部171a付近を走査する距離に応じて徐々に大きくなり、波形L8の幅W23で最大を示し、その後は徐々に小さくなっている。従って、このような波形L1~L8に基づいて、ボールパンブ171の重心及び高さを検出することができる。すなわち、幅W21~幅W25の中で最も大きな値を示すものは幅W23なので、その幅W23の中心を求めることによってボールパンブ171のX方向の中心位置を求めることができ、また、幅W23の検出された波形L8に基づいてボールパンブ171のY方向の中心位置を求めることができる。このようにしてボールパンブ171のX方向及びY方向の中心位置が求まるので、このときの波形L8に対応した高さ測定用波形を用いてボールパンブの高さ情報εを求めることによってボールパンブ171の正確な高さを測定することができる。また、幅W11~幅W1Fの中で最も大きな値を示すものは幅W18なので、その幅W18を求めることによってボール171のX方向の大きさを求めることができる。また、幅W11の検出された波形L1~幅W1Fの検出された波形L8を求めることによってボール171のY方向の大きさを正確に測定することができる。このようにして求められたボールパンブの高さ情報及び大きさ情報に基づいてボールパンブの高さ及び大きさの欠陥を検出することができる。

【0065】図19は、散乱光輝度信号を2値化することによって検査対象物であるボールパンブの欠陥を測定する方法の概略を説明する図である。図19(a)は、欠陥を有するボールパンブ及び配線パターンの形成されたウエハ表面の一部を上面から見た図である。図19(b)は、図19(a)のボールパンブ及び配線パターンの断面形状を示す図である。図19(a)に示すようにボールパンブ191~193は、パッド194~196の上に、図19(b)に示すような凸部(突起)となるように形成されている。ボールパンブ191は右側側面に欠け欠陥を有する。ボールパンブ192は上側全体に凹欠陥を有する。ボールパンブ193は左側側面に欠

物197が付着している。ウエハ表面に照射されたレーザ光のビームスポットによって矢印198の検出領域の走査が行われると、A/D変換器510からは図19(c)のような散乱光輝度を現す信号が出力される。

【0066】この散乱光輝度信号は、検査対象物であるボールパンブ191~193の欠陥形状や被検査試料であるウエハなどの表面形状や下地形状やその材質、配線パターン、異物197などに依存した特定の値を示すことが分かっている。すなわち、ボールパンブ191の欠け欠陥、ボールパンブ192の凹欠陥及びボールパンブ193の付着異物197のそれぞれの散乱光輝度信号は、図19(c)に示すようにその周囲のウエハの散乱光輝度信号に比べて極端に大きな値を示すことが分かっている。また、配線パターンはパルス的な波形を示す。そこで、この実施の形態では、ボールパンブ191~193の散乱光輝度信号のほぼ中間にしきい値を設定して、このしきい値よりも大きい場合をハイレベル「1」とし、小さい場合をローレベル「0」として、被検査試料であるウエハ表面の2値化サンプリングを行う。

【0067】図19(d)は、図19(c)の散乱光輝度信号の2値化サンプリングの結果である2値化信号を示すものであり、図19(e)は、図19(a)のボールパンブ191~193の周辺が2値化された場合における結果を示す図である。ボールパンブ191の場合は、その頂部191a付近に対応した波形191Aと、欠け欠陥191bに対応した波形191Bとが2値化信号として現れる。ボールパンブ192の場合は、凹欠陥192bに対応した波形192Bのみが現れる。ボールパンブ193の場合は、その頂部193a付近に対応した波形193Aと、付着異物197に対応した波形197Bとが2値化信号として現れる。このように現れた各欠陥の形状を図17で求めたボールパンブの座標位置に基づいて比較処理することによって、各欠陥を抽出することができる。

【0068】なお、上述の実施の形態では、パンブを例に説明したが、この発明は、パンブやボール、そしてハンダ付けの際の突起、LCDフィルタのスペーサなど、各種の微小突起物の検出に応用できることは言うまでもない。また、上述の実施の形態では、焦点誤差検出光学系の光学センサの分割数として2分割のものを例に説明したが、これ以上の分割数であってもよいことは言うまでもなく、2次元状のCCD受光素子を用いてもよいことは言うまでもない。上述の実施の形態では、ウエハ表面欠陥検出光学系を設けて、ウエハ表面の検査も同時に行えるものを例に説明したが、これらは省略してもよい。上述の実施の形態では、投光光学系として半導体レーザ光源を例に説明したが、白色光などのその他の光源を用いてもよいことは言うまでもない。上述の実施の形態では、XYステージ移動機構によってウエハ搭載台を移動させているが、光学系を移動させるようにしてもよ

(15)

特開2002-22415

27

28

いことは言うまでもない。上述の実施の形態では、光ビームを所定の周期で往復走査するように偏向させるものとして、音響光学偏向器、ポリゴンミラーを例に説明したが、ガルバノミラー、デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)などのその他の偏向器を用いてもよいことは言うまでもない。

【0069】

【発明の効果】本発明の微小突起物検査装置によれば、高精度で、かつ高速に微小突起物の高さ検査を行うことができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ICパッケージなどの配線を接続するために設けられるボールやバンブなどの外観に欠陥が存在するか否かの検査を光学的に行う検査装置の従来技術を示す図である。

【図2】 レーザ光が被検査試料のプラス位置(+)又はマイナス位置(-)のどちら側で反射したのか検出することができる検査装置の従来技術を示す図である。

【図3】 本発明の微小突起物検査装置の概略構成を示す図である。

【図4】 図3の検査光学系の部分を立体的に示した図である。

【図5】 ウエハ上を相対的にXY方向に走査するビームスポットの様子を示す図である。

【図6】 チップ外周に沿って設けられたバンブ形成ライン上に複数のバンブが規則正しく配列されている様子を示す図である。

【図7】 バンブ形成ライン上のバンブに対するレーザ光の走査状態を示す図である。

【図8】 この実施の形態である微小突起物検査装置で採用しているナイフエッジ法に基づいた検出原理を説明するための図である。

【図9】 この実施の形態である微小突起物検査装置で採用しているナイフエッジ法に基づいた検出原理の概略を示す別の図である。

【図10】 検出信号を2値化することによって検査対象物であるバンブの座標位置を測定する方法の概略を説明する図である。

【図11】 図10の測定方法によって2値化サンプリングされたバンブの座標位置に基づいて行われる隣接比較の概略を示す図である。

【図12】 画像処理・制御装置500内の欠陥検出プログラムによって求められる最終的なバンブの高さ情報 ε_{01} 、 ε_{02} の演算方法を示す図である。

【図13】 バンブの高さ情報 ε_{01} 、 ε_{02} を算出する必要性及び算出方法の概念を示す図である。

【図14】 図4に示した微小突起物検査装置の変形例を示す図である。

【図15】 図4に示した微小突起物検査装置のウエハ

表面欠陥検出光学系の変形例を示す図である。

【図16】 散乱光輝度信号を2値化することによって検査対象物である角柱バンブの座標位置を測定する方法の概略を説明する図である。

【図17】 反射光輝度信号を2値化することによって検査対象物であるボールバンブの座標位置を測定する方法の概略を説明する図である。

【図18】 図17(d)の2値化信号に基づいてボールバンブの重心及び高さを検出する方法の一例を示す図である。

【図19】 散乱光輝度信号を2値化することによって検査対象物であるボールバンブの欠陥を測定する方法の概略を説明する図である。

【符号の説明】

306…ウエハ

400…半導体レーザ光源

401…S偏光板

402…コリメートレンズ

403…ポリゴンミラー

20 404…音響光学偏向器

405…偏向器駆動回路

406…f θ レンズ

408…レンズ

410…偏光ビームスプリッタ

412…4分の1波長板

414…対物レンズ

416, 418…ハーフミラー

420, 422…遮蔽板

423…ナイフエッジプリズム

30 424, 426…結像レンズ

428, 430…2分割光学センサ

432…空間フィルタ

434, 440, 446…結像レンズ

436…スリット

438…ボトマルチブライア

442…中間レンズ

444…十字形空間フィルタ

500…画像処理・制御装置

502A~502D

40 506…アンプ

504, 505, 510…アナログ・デジタル(A/D)変換器

508…欠陥検出回路

161~163…角柱バンブ

171~173, 191~193…ボールバンブ

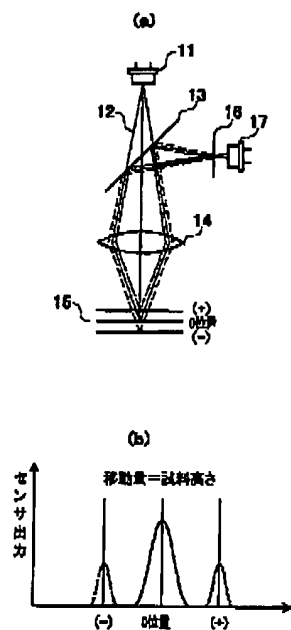
164~166, 174~176, 194~196…バッド

167, 197…異物

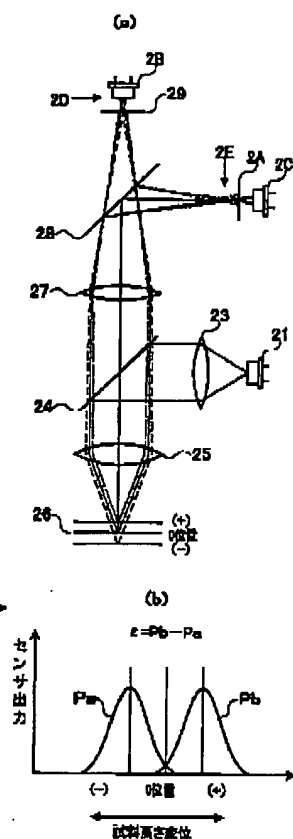
(16)

特開2002-22415

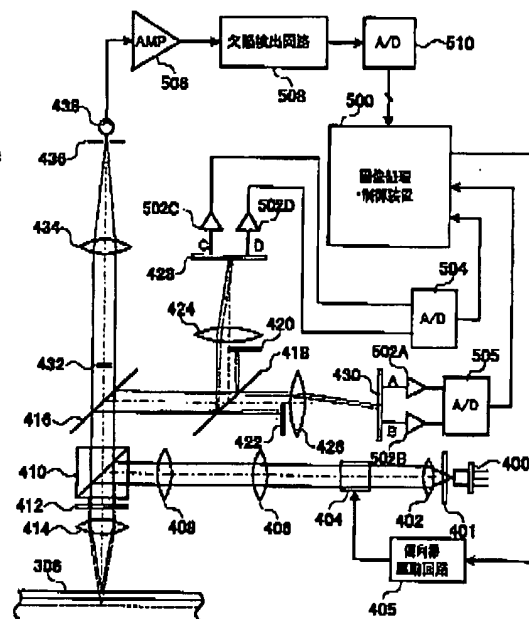
【図1】



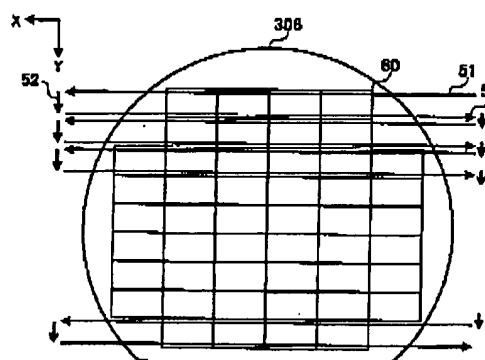
【図2】



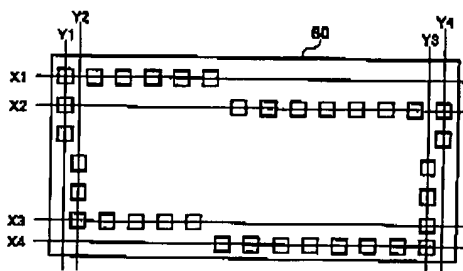
【図3】



【図5】



【図6】

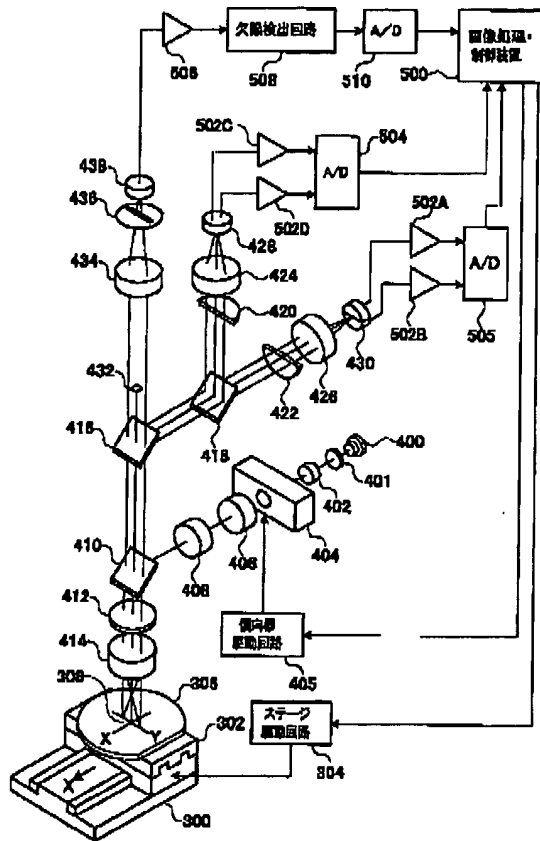


BEST AVAILABLE COPY

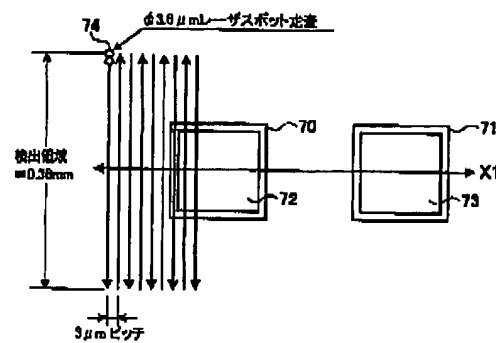
(17)

特開2002-22415

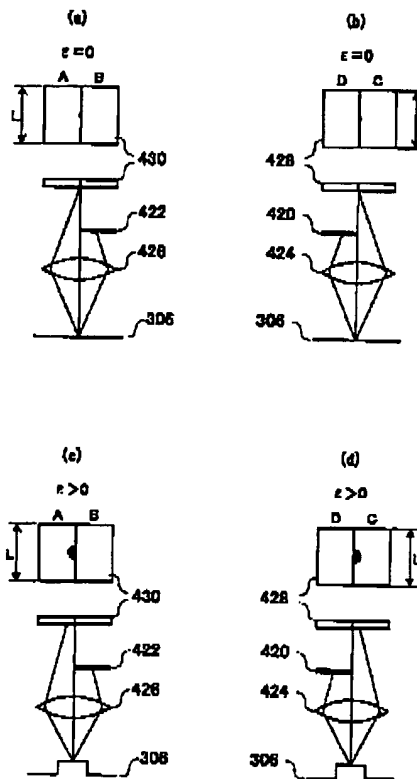
【図4】



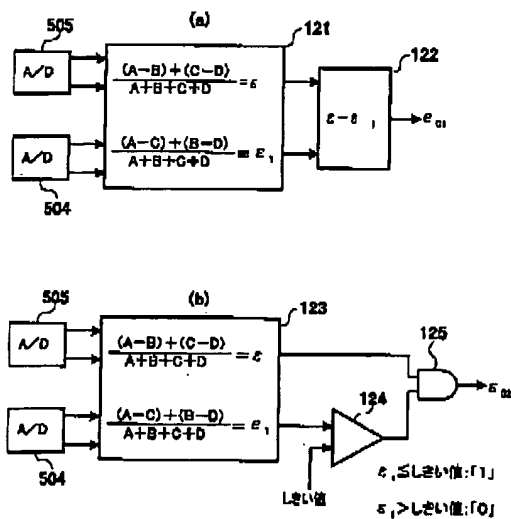
【図7】



【図8】



【図12】

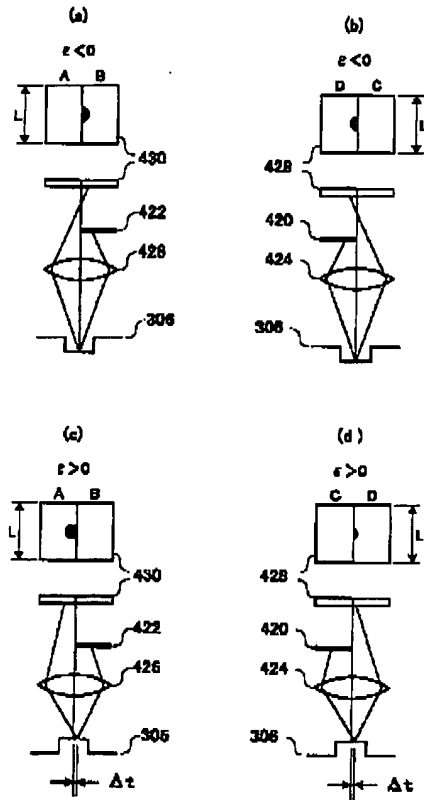


BEST AVAILABLE COPY

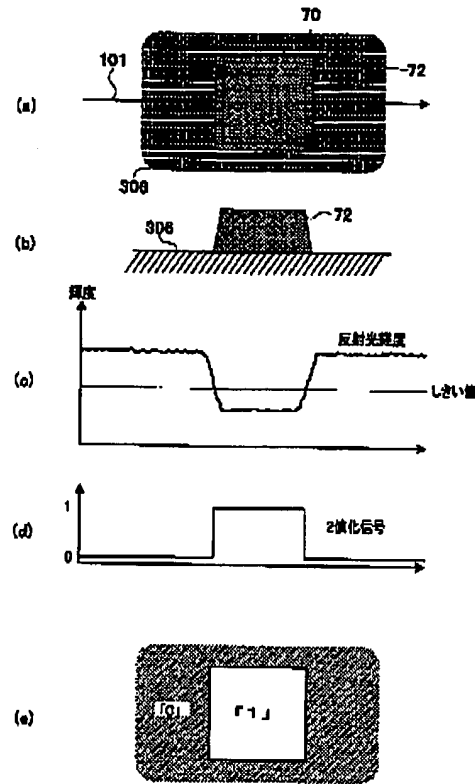
(18)

特開2002-22415

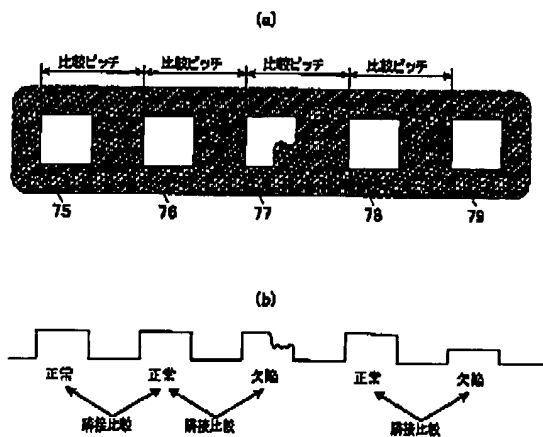
【図8】



【図10】



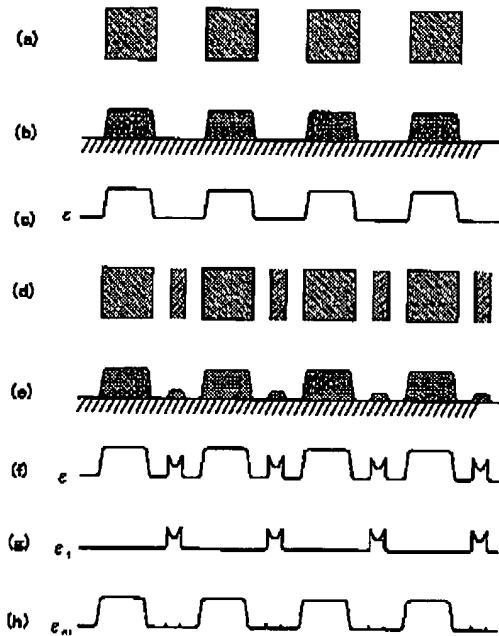
【図11】



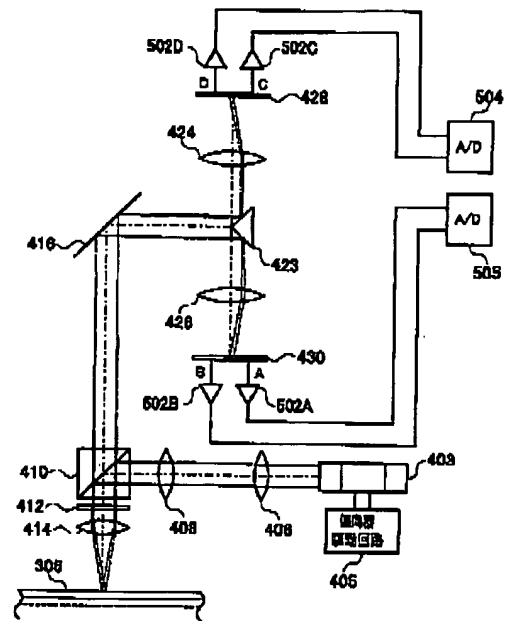
(19)

特開2002-22415

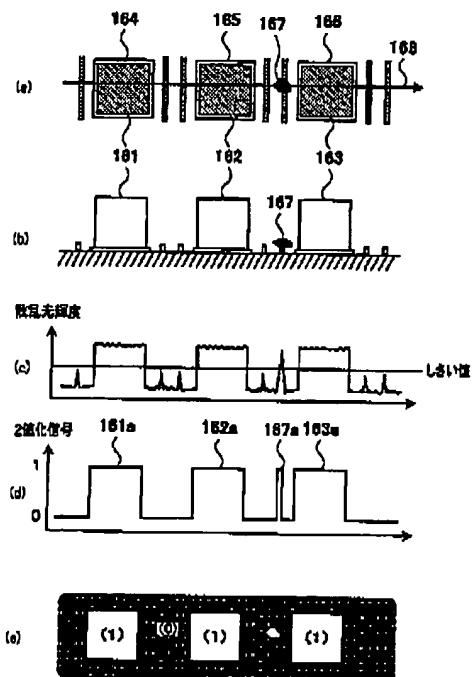
【図13】



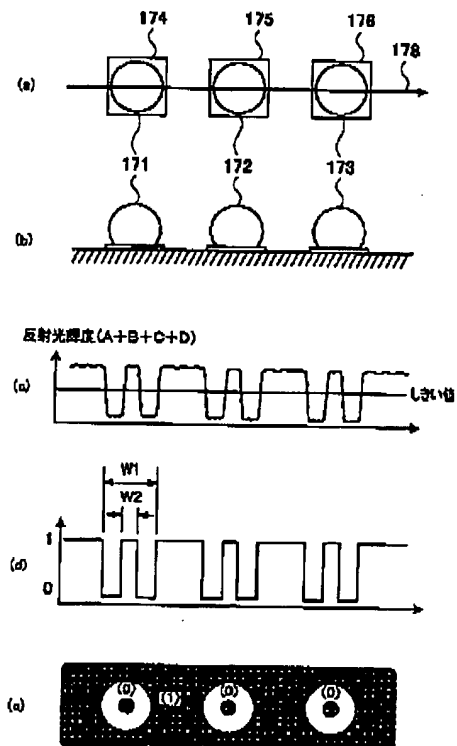
【図14】



【図16】



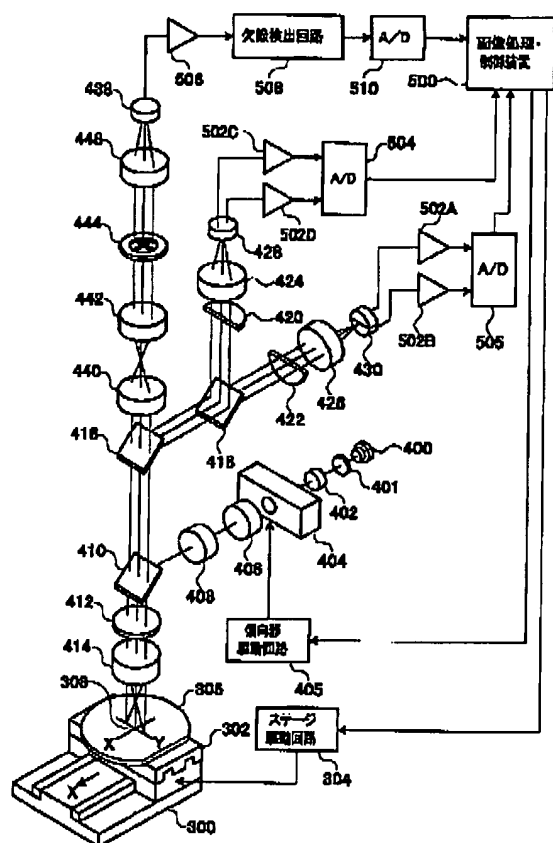
【図17】



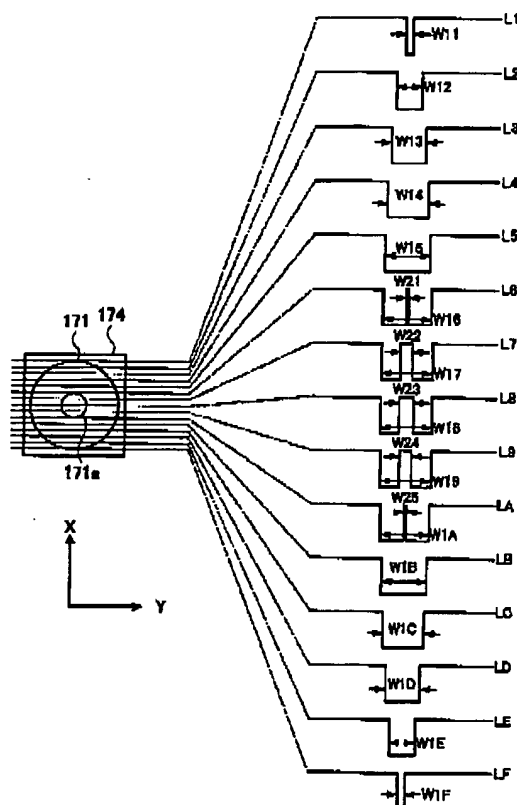
(20)

特開2002-22415

【図15】



【図18】

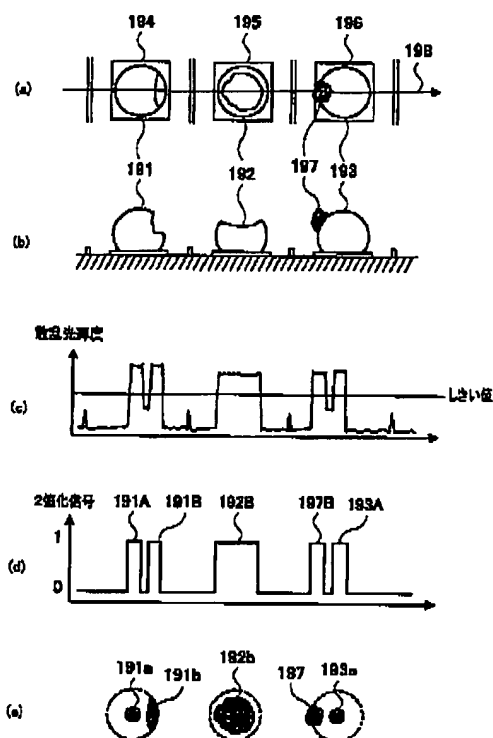


BEST AVAILABLE COPY

(21)

特開2002-22415

【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H01L 21/60
21/66

識別記号

FI

H01L 21/66
21/92

ターム (参考)

J

604

(72)発明者 石森 英男

東京都渋谷区東3丁目16番3号 日立電子
エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 田畑 尚仁

東京都渋谷区東3丁目16番3号 日立電子
エンジニアリング株式会社内

Fターム (参考) 2F065 AA01 AA17 AA24 BB03 CC19

CC26 FF01 FF10 GG04 HH04

HH09 HH13 JJ01 JJ05 JJ17

LL04 LL14 LL28 LL33 LL36

LI 57 PP12 PP22 QQ31 RR06

UU07

2G051 AA61 AB02 BA10 CA01 CA07

CB01 DA07 UA08 EA11 EA12

2H088 FA02 FA11 FA18 FA30

4M106 AA01 AA11 BA05 CA38 CA50

DB02 DB08 DB11 DB13 DB14

DJ03

BEST AVAILABLE COPY